



PEMODELAN SISTEM EKSTRAKSI PADAT CAIR TIPE UNGGUN TETAP

Mahreni dan Sri Mulyani

Jurusan Teknik Kimia, FTI UPN “Veteran” Yogyakarta

Jl. SWK. Lingkar Utara 104 Condong Catur 55283

Telp./Fax : (0274) 486889

email : Mahreni@eudoramail.com

Abstrak

Penelitian ekstraksi kurkumin dari kunyit dengan pelarut etanol telah dilakukan dalam kolom yang diisi dengan kunyit sebagai unggun tetap dan pelarut mengalir secara kontinyu dari atas kolom. Kurkumin yang terekstrak dari kunyit dianalisa setiap waktu tertentu dengan mengukur indeks biasnya dengan menggunakan alat Refraktometer. Pengamatan dihentikan setelah konsentrasi kurkumin di dalam pelarut tetap.

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan model perpindahan massa padat-cair dengan mengamati variabel kecepatan aliran pelarut, diameter kolom, dan tinggi unggun.

Model matematis disusun berdasarkan neraca massa kurkumin yang bergerak dari dalam padatan ke permukaan kemudian mendifusi ke dalam aliran pelarut yang bergerak dari atas ke bawah kolom dapat dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$D_{AB} \frac{\partial^2 C_A}{\partial Z^2} - V \cdot \frac{\partial C_A}{\partial Z} + K_{CA}(H \cdot X_A - C_A) = \varepsilon \cdot \frac{\partial C_A}{\partial t}$$

$$\frac{\partial X_A}{\partial t} = - \frac{K_{CA}}{\rho_B} (C_A^* - C_A)$$

Penyelesaian persamaan diatas dengan cara eksplisit dan optimasi didapatkan harga K_{CA} yang diperoleh antara $0,11375 \text{ detik}^{-1}$ sampai $0,1685 \text{ detik}^{-1}$ yang memberikan Sum of Square of Error minimum yaitu $= 5,443847 \cdot 10^{-6}$.

Pendahuluan

Kunyit merupakan tanaman temu-temuan yang kandungan kurkuminya cukup tinggi sekitar 8 % berat. Pengambilan kurkumin dari kunyit dapat dilakukan dengan beberapa cara diantaranya adalah dengan cara ekstraksi (menggunakan pelarut selektif) seperti etanol. Operasi ekstraksi bisa dilakukan secara batch, semi batch atau kontinyu. Operasi secara batch sudah banyak dilakukan oleh peneliti terdahulu. Dalam penelitian ini dicoba untuk mengekstrak kurkumin dengan pelarut etanol secara semi batch. Kunyit dibuat sebagai unggun tetap di dalam sebuah pipa kemudian pelarut dialirkan dari atas unggun melewati tumpukan kunyit, kemudian solvent ditampung dan kandungan kurkumin di dalam solven dianalisa dengan alat refraktometer.

Untuk mengetahui kinerja alat ekstraksi, maka perlu disusun model perpindahan di dalam system yang dapat menggambarkan fenomena perpindahan massa kurkumin dari fase padat (kunyit) ke dalam fase cair (etanol). Dari model yang telah disusun, akan diketahui koefisien perpindahan massa kurkumin dari fase padat ke dalam fase cair (K_{CA}) yang merupakan fungsi parameter proses seperti kecepatan aliran solven, diameter partikel kunyit dan diameter kolom.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan model matematis ekstraksi kurkumin dari kunyit dengan pelarut etanol, di dalam system unggun (kunyit) tetap dan pelarut yang mengalir kontinyu. Dengan mengamati pengaruh variabel waktu ekstraksi, tinggi unggun serta kecepatan aliran pelarut terhadap koefisien perpindahan massa kurkumin.

Tinjauan Pustaka

Transfer massa secara molekuler merupakan gerakan molekul-molekul atau elemen fluida yang disebabkan adanya *driving force* (gaya pendorong), sehingga terjadi proses difusi dari konsentrasi yang tinggi ke konsentrasi yang rendah. Fluks massa difusi dapat ditulis dengan persamaan,

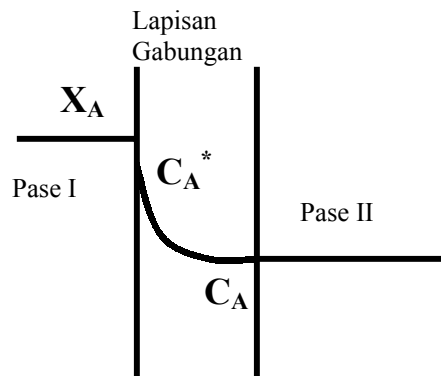
$$J_A = -D_{AB} \frac{dC_A}{dz}$$

Dimana: J_A = fluks massa zat terlarut ($\text{gmol} / \text{cm}^2 \cdot \text{detik}$)

D_{AB} = koefisien difusivitas molekuler ($\text{cm}^2 / \text{detik}$)

dC_A/dz = gradien konsentrasi zat terlarut dalam arah Z ($\text{gmol} / \text{cm}^4$)

Peristiwa perpindahan massa dari fase padat ke fase cair dalam sistem semi batch disebabkan oleh adanya gradien konsentrasi kurkumin arah vertikal dan perpindahan massa oleh karena arus konvektif. Profil konsentrasi kurkumin dilihat dari permukaan padatan dan fase cair dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Profil konsentrasi kurkumin dari fase padat ke fase cair

Keterangan: C_A^* = konsentrasi kurkumin pada interface ($\text{g kurkumin} / \text{g Etanol}$)

C_A = konsentrasi kurkumin di fase cairan ($\text{g kurkumin} / \text{g Etanol}$)

X_A = konsentrasi kurkumin dalam padatan ($\text{g kurkumin} / \text{g kunyit}$)

Mekanisme perpindahan massa pada proses pelarutan dapat dinyatakan dalam rangkaian tahapan yang berlangsung sebagai berikut, phase I adalah phase padat dan phase II adalah phase cair.

1. Perpindahan massa zat terlarut dari dalam padatan ke permukaan partikel.

2. Perpindahan massa zat terlarut dari permukaan partikel ke cairan. Konsentrasi zat terlarut di permukaan partikel selalu berkesetimbangan dengan konsentrasi zat terlarut dalam pelarut. (Perry and Chilton, 1974)

Fluks massa dari permukaan padatan ke permukaan

1. Kecepatan perpindahan massa zat terlarut dari permukaan padatan ke cairan :

$$N_A = K_{CA} (C_A^* - C_A) \quad (1)$$

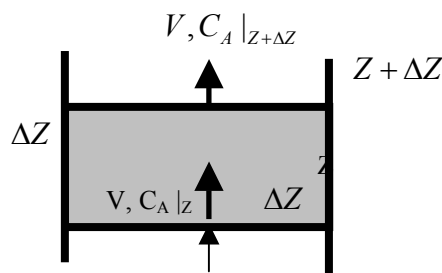
2. Difusi atau dispersi aksial zat terlarut dalam cairan pada tangki :

$$N_A = -D_{AB} \cdot \frac{dC_A}{dZ} \quad (2)$$

3. Pada keadaan kesetimbangan :

$$C_A^* = H \cdot (X_A) \quad (3)$$

Neraca massa padatan dalam cairan untuk elemen volume dengan jarak Z dari tempat pemasukan dan setebal ΔZ adalah :



Gambar 2. Elemen volume setebal

V = kecepatan alir (cm / detik) ; A = luas penampang (cm²) ; C = konsentrasi padatan dalam kolom (g/cm³)

Z = tinggi kolom (cm) ; ΔZ = elemen tinggi (cm) ; K_{CA} = koefisien perpindahan massa (1 / detik)

N = kecepatan perpindahan massa (g / (detik.cm²)) ; D_{AB} = koefisien difusivitas zat terlarut dalam pelarut (cm² / detik) ; H = ketetapan kesetimbangan Henry

Neraca massa zat terlarut dalam cairan dengan elemen volume :

(kecepatan massa masuk) – (kecepatan massa keluar) – (kecepatan massa yang dipindahkan) = (kecepatan massa akumulasi)

$$(J_A A|_Z + V A C_A|_Z) - (J_A A|_{Z+\Delta Z} + V A C_A|_{Z+\Delta Z}) + K_{CA} A \Delta Z (C_A^* - C_A) = \epsilon A \Delta Z \frac{\partial C_A}{\partial t} \dots\dots\dots (4)$$

Persamaan (4) dibagi dengan $A \cdot \Delta Z$ dan disusun kembali menjadi :

$$\frac{(J_A|_{Z+\Delta Z} - J_A|_Z)}{\Delta Z} + V \cdot \frac{(C_A|_{Z+\Delta Z} - C_A|_Z)}{\Delta Z} - K_{CA} (C_A^* - C_A) = -\epsilon \frac{\partial C_A}{\partial t} \dots\dots\dots (5)$$

Jika diambil limit $\Delta Z \rightarrow 0$, maka persamaan (5) menjadi :

$$\frac{\partial J_A}{\partial Z} + V \cdot \frac{\partial C_A}{\partial Z} - K_{CA} (C_A^* - C_A) = -\epsilon \frac{\partial C_A}{\partial t} \dots\dots\dots (6)$$

Menurut hukum Fick, difusi molekuler dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$J_A = -D_{AB} \cdot \frac{\partial C_A}{\partial Z} \dots\dots\dots (7)$$

$$-\frac{\partial J_A}{\partial Z} = D_{AB} \frac{\partial^2 C_A}{\partial Z^2} \dots\dots\dots (8)$$

Persamaan (8) disubstitusikan ke persamaan (6) persamaan (3) disubstitusikan ke persamaan (9)

Maka persamaan (6) menjadi menjadi persamaan (10)

$$D_{AB} \frac{\partial^2 C_A}{\partial Z^2} - V \cdot \frac{\partial C_A}{\partial Z} + K_{CA}(H \cdot X_A - C_A) = \varepsilon \cdot \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (10)$$

Neraca massa zat terlarut dalam padatan pada elemen volume :
(kecepatan masuk) - (kecepatan keluar) = akumulasi

$$0 - K_{CA} \cdot A \cdot \Delta Z (C_A^* - C_A) = A \cdot \Delta Z \cdot \rho_B \frac{\partial X_A}{\partial t} \quad (11)$$

$$\frac{\partial X_A}{\partial t} = - \frac{K_{CA}}{\rho_B} (C_A^* - C_A) \quad (12)$$

Jadi persamaan diferensial untuk ekstraksi kurkumin dari kunyit adalah sebagai berikut :

$$D_{AB} \frac{\partial^2 C_A}{\partial Z^2} - V \cdot \frac{\partial C_A}{\partial Z} + K_{CA}(H \cdot X_A - C_A) = \varepsilon \cdot \frac{\partial C_A}{\partial t} \quad (13)$$

$$\frac{\partial X_A}{\partial t} = - \frac{K_{CA}}{\rho_B} (C_A^* - C_A) \quad (14)$$

dengan IC : $t = 0, Z = 0, C_A = 0, X_A = X_{A0}$
BC : 1. $t > 0, Z = 0, C_A = 0, X_A = X_A$
2. $t > 0, Z > 0, C_A = C_A, X_A = X_A$

Penyelesaian persamaan differensial tersebut dapat dilakukan secara numerik dengan metode finite difference (beda hingga). Untuk penelitian ini dipakai cara Eksplisit

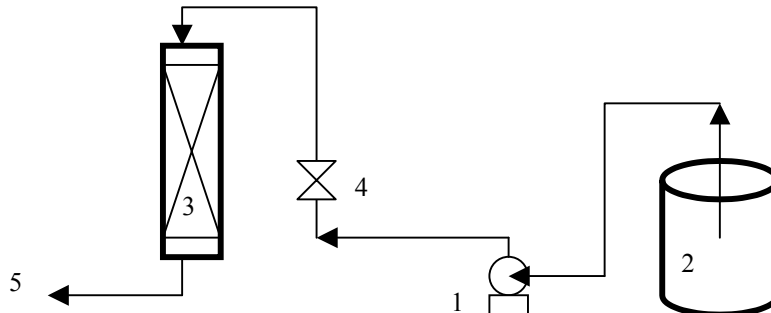
Dengan menggunakan persamaan (13), dan persamaan (14) serta jika data-data yang diperlukan seperti $\rho_B, \varepsilon, V, \Delta t, \Delta Z$ diketahui atau ditetapkan, maka untuk suatu harga K_{CA} tertentu, maka dapat ditentukan C_A dan X_A sebagai fungsi waktu dan fungsi posisi. Dengan mengubah-ubah harga K_{CA} akan diperoleh C_A dan X_A yang mendekati data percobaan. Harga K_{CA} yang terbaik adalah yang memberikan "sum of square of error" yang minimum, atau harga K_{CA} yang diperoleh berdasarkan : $S = \sum \{(CA)_{\text{perhitungan}} - (CA)_{\text{data}}\}^2$ minimum. Minimasi dilakukan dengan cara Golden Section

Pelaksanaan penelitian

A. Bahan

1. Kunyit kadar air berkisar 80,79%-90,23%, kadar kurkumin antara 7,37%-10,57%.
2. Etanol, rumus molekul $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$, berat molekul = 46 gr/grmol, spesifik gravity = 0,789 titik didih = 78,4 °C, densitas 0,78075 gr/cm³ (30 °C), viskositas = $9,50 \cdot 10^{-5}$ gr / (cm . detik)

B. Alat



Keterangan gambar :

- | | |
|---------------------|-----------------------|
| 1. Pompa | 4. Kran |
| 2. Tangki penampung | 5. Pengambilan contoh |
| 3. Tumpukan kunyit | |

Gambar 3. Rangkaian alat percobaan ekstraksi

C. Jalannya Penelitian

1. Membuat kurva baku hubungan konsentrasi kurkumin(g kurkumin/g Etanol) dengan indeks bias. Mencari hubungan antara debit aliran ($Q, \text{cm}^3/\text{dt}$) dengan beda tinggi air raksa ($\Delta h, \text{cm}$), dengan cara sebagai berikut: Etanol dialirkan dari penampung pada pembukaan kran tertentu selama

waktu 60 detik dan membaca beda tinggi air raksa pada pipa U. Aliran Etanol keluar ditampung lalu diukur volumenya. Debit aliran diperoleh dari volume Etanol yang tertampung dibagi waktu (60 detik). Untuk debit aliran yang lain diperoleh dengan cara yang sama pada pembukaan kran yang lain.

Membuat kurva baku hubungan konsentrasi kurkumin(g kurkumin/g Etanol) dengan indeks bias. Konsentrasi dibuat dalam beberapa perbandingan berat kurkumin terhadap berat Etanol, kemudian diambil sebanyak 3 tetes untuk dianalisis indeks biasnya dengan menggunakan alat Refraktometer.

2. Cara penelitian

Etanol dalam tangki penampung dialirkan dengan pompa ke kolom bahan isian melewati orifice meter. Hasil yang keluar lewat atas kolom bahan isian ditampung setiap 60 detik. Percobaan ini dilakukan pada diameter kolom (D_K) tetap dan tinggi unggun tetap, tetapi kecepatan yang berubah-ubah. Cuplikan yang diambil, dianalisis dengan cara mengukur indeks biasnya dengan menggunakan alat Refraktometer.

Percobaan selanjutnya dilakukan dengan cara yang sama, tetapi kecepatan dan diameter kolom dibuat tetap, tinggi unggun diubah-ubah. Setelah itu dilakukan untuk variabel diameter kolom dengan kecepatan dan tinggi unggun tetap.

D. Analisis hasil

Hasil yang keluar dari kolom bahan isian ditampung dan dianalisis indeks biasnya dengan Refraktometer. Indeks bias yang didapat dibaca pada kurva baku hubungan konsentrasi kurkumin dengan indeks bias sehingga diperoleh konsentrasi kurkumin

Tabel 1. Hasil percobaan hubungan antara diameter kolom, tinggi unggun dan kecepatan alir terhadap indeks bias larutan kurkumin dalam etanol

Diameter kolom(cm)	Kecepatan alir(cm/detik)	Indeks bias larutan pada tinggi unggun (cm)				
		2	4	6	8	10
1,4	44,1505	16,3	16,4	16,6	16,7	16,8
	39,6751	16,2	16,4	16,7	16,8	16,9
	33,7564	16,05	16,1	16,0	16,3	16,4
	27,0388	16,1	16,2	16,2	16,2	16,3
	19,7448	16,3	16,1	16,2	16,2	16,1
2,4	44,1505	16,3	16,3	16,5	16,4	16,6
	39,6751	16,2	16,3	16,4	16,5	16,5
	33,7564	16,0	16,3	16,5	16,7	16,9
	27,0388	16,2	16,2	16,3	16,4	16,5
	19,7448	16,2	16,1	16,1	16,05	16,0
3,4	44,1505	16,3	16,3	16,6	16,5	16,4
	39,6751	16,3	16,4	16,6	16,7	16,8
	33,7564	16,2	16,5	16,6	16,8	16,9
	27,0388	16,2	16,4	16,6	16,5	16,7
	19,7448	16,3	16,3	16,4	16,3	16,4

A. Pembahasan

1. Model matematis yang mewakili peristiwa ekstraksi kurkumin dari kunyit dalam kolom bahan isian adalah sebagai berikut :

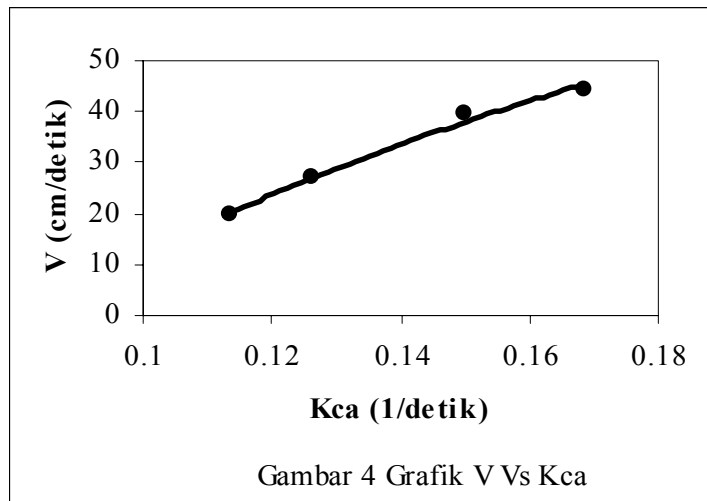
$$D_{AB} \frac{\partial^2 C_A}{\partial Z^2} - V \cdot \frac{\partial C_A}{\partial Z} + K_{CA}(H \cdot X_A - C_A) = \varepsilon \cdot \frac{\partial C_A}{\partial t}$$

$$\frac{\partial X_A}{\partial t} = - \frac{K_{CA}}{\rho_B} (C_A^* - C_A)$$

Persamaan diatas diselesaikan dengan metode eksplisit dan harga K_{CA} dioptimasi dengan cara *Golden Section* yang memberikan SSE dan ralat minimum. Harga K_{CA} yang diperoleh dapat dilihat pada table 2 dan gambar 4 dibawah ini.

Tabel 2. Hubungan K_{CA} dan kecepatan aliran pelarut

V, cm/detik	K_{CA} , 1/detik
44,15053	0,1685
39,6751	0,1500
33,7564	0,1487
27,0388	0,1262
19,7448	0,1137



Tabel 2 dan gambar 4 terlihat bahwa makin cepat aliran solven, harga koefisien perpindahan massa (K_{CA}) makin besar karena makin cepat aliran dengan variable lain tetap, turbulensi aliran makin besar sehingga perpindahan kurkumin dari phase yang satu ke phase lain makin mudah.

Kesimpulan

1. Model matematis yang diperoleh dari neraca massa dan dapat mewakili peristiwa ekstraksi kurkumin dari kunyit dalam kolom bahan isian adalah sebagai berikut :

$$D_{AB} \frac{\partial^2 C_A}{\partial Z^2} - V \cdot \frac{\partial C_A}{\partial Z} + K_{CA}(H \cdot X_A - C_A) = \varepsilon \cdot \frac{\partial C_A}{\partial t}$$

$$\frac{\partial X_A}{\partial t} = - \frac{K_{CA}}{\rho_B} (C_A^* - C_A)$$

Nilai koefisien perpindahan massa diperoleh pada kisaran 0,11375 per detik dan 0,1685 per detik.

Daftar Pustaka

- 1) Dryden, H.L., 1953, "Mass Transfer in Packed Bed at Low Reynolds Number", Chem. Eng. Prog., 49, 4, pp. 191-196.
- 2) Ergun, S., 1952, "Mass Transfer Rate in Packed Columns Its Analogy to Pressure Loss", Chem. Eng. Prog., 48, 5, pp. 227-236.
- 3) Gaffney, B.J. and T.B. Drew, 1950, "Mass Transfer from Packing to Organic Solvent in Single Phase Flow through a Column", I. E. C., 42, 6, pp. 1120.
- 4) Hobson, M. and G. Thodos, 1949, "Mass Transfer in the Flow of Liquid Through Granular Solids", Chem. Eng. Prog., 45, 6, pp. 517.
- 5) Mc Cune, L. and R. Wilhelm, 1949, "Mass and Momentum Transfer in Solid-Liquid System", I.E.C., 41, 6, pp. 1124.
- 6) Perry, R.S. and Chilton, C.H., 1974, "Chemical Engineering Handbook", 5th ed., Mc Graw-Hill Book Kogakusha, Ltd., Tokyo.

- 7) Steinberger, L. and R. Treyball, 1960, "Mass Transfer from Solid Soluble Sphere to Flowing Liquid Stream", A.I.Ch.E., 6,2,PP.227-232.
- 8) Treyball, R.E., 1968, "Mass Transfer Operation", 2nd ed.,pp. 608-609, Mc Graw-Hill Book Kogakusha, Ltd.,Tokyo.

PEMODELAN SISTEM EKSTRAKSI PADAT CAIR TIPE UNGGUN TETAP

LATAR BELAKANG

- **KURKUMIN MERUPAKAN KOMPONEN KIMIA YANG PENTING UNTUK FARMASI**
- **PERANCANGAN ALAT EKSTRAKSI MEMERLUKAN DATA KOEFISIEN PERPINDAHAN MASSA**

TUJUAN PENELITIAN

- **MENYUSUN MODEL MATEMATIS EKSTRAKSI KURKUMIN DENGAN PELARUT ETANOL**
- **MENENTUKAN KOEFISIEN PERPINDAHAN MASSA KURKUMIN (K_{Ca})**